Tektonische Nachbarschaft Karwendel-Sonnwend-Gebirge

Von

Otto Ampferer

ordent. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Mit 9 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Dezember 1941)

Nur die schmale Furche des Achensees trennt diese beiden, in ihrem Schichtbesitze und Baustil so sehr verschiedenen Gebirge Nordtirols voneinander. Diese auffallend nahegerückten Verschiedenheiten sind der Anlaß zu den folgenden Überlegungen, welche durch vier geologische Sommer am Achensee und vielfältiges Wandern und Schauen in beiden Gebirgen enge mit der Natur verbunden sind. Eine Subvention unserer Akademie schuf die Möglichkeit zum Abschluß dieser Arbeit, was ich dankbar erwähnen möchte.

Durch die nun fertiggestellte Neuaufnahme des Karwendelgebirges und die sorgfältige Karte des Sonnwendgebirges von E. Spengler ist die Möglichkeit eines Vergleiches um vieles lohnender und auch leichter geworden.

Neue Fragen sind aufgetaucht und verlangen nach Antwort.

In der Frage der Entstehung der Hornsteinbreccien ist durch die Gefügeuntersuchungen von B. Sander inzwischen auch eine Klärung zustande gekommen. Durch diese Untersuchungen steht nun fest, daß in der Hornsteinbreccie einerseits rein sedimentäre Breccien, anderseits sedimentär angelegte Breccien mit starker Zerbrechung im Gefüge vorhanden sind.

Die Entscheidung, ob die Hornsteinbreccie des Sonnwendgebirges als „tektonisches Reibungsprodukt" oder als „Sediment" entstanden sei, ist also für die letztere Bildungsweise gefallen.

Damit ist auch für die tektonische Forschung der Weiterweg insofern erleichtert worden, als ein lange offengestandenes Tor des Irrwegs nun endlich geschlossen wurde.

Die räumliche Nachbarschaft zweier Gebirge kann auf verschiedene Weise herbeigeführt werden.

Es kann z. B. ein längerer Faltenzug nur durch eine Furche der Erosion entzweigesägt sein. In diesem Falle ist die räumliche

Trennung nur eine ganz oberflächliche und die innere Ähnlichkeit der beiden Nachbargebirge eine vollkommene.

Die Abgliederung kann auch durch Verwerfungen oder Einbiegungen vollzogen sein. Hier ist es dann wahrscheinlich, daß der gehobene Teil durch die Erosion wesentlich tiefer abgetragen wird als der gesenkte und letzterer dafür tiefer verschüttet wird. Hier entsteht trotz innerer Ähnlichkeit ein äußerlich verschiedenes Aussehen.

Es ist aber auch möglich, daß zwei ursprünglich nicht benachbarte Gebirge durch seitliche Verschiebungen in eine neue Nachbarschaft hineingerückt werden. Dieser Fall ist es nun, welcher das Nachbarverhältnis zwischen Karwendel- und Sonnwend-Gebirge bestimmt.

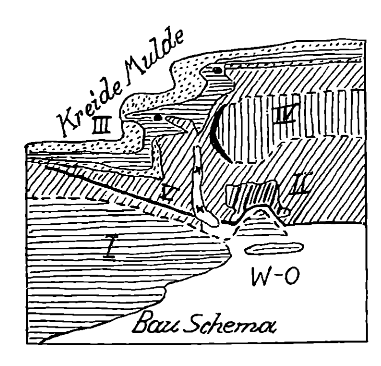


Fig. 1

I = Karwendelgebirge
II = Sonnwendgebirge
III = Kreidemulde
IV = Schubmasse der Unnutz-Guffert-Masse
V = Schräge Verschublinie
x—x = Achensee

Maß 1 : 750 000

Wenn wir das Bauschema von Fig. 1 näher betrachten, so finden wir, daß es keine unmittelbare geradlinige Fortsetzung der geologischen Baulinien aus dem Karwendel- ins Sonnwend-Gebirge gibt. Lenken wir aber unsere Aufmerksamkeit auf die große Kreidemulde, welche den Nordrand des Karwendel-Hochgebirges begleitet, so erkennen wir, daß eine mächtige Abbiegung dieser tiefgreifenden Mulde für die Nachbarschaft der beiden Gebirge entscheidend eingreift.

In der Richtung von S gegen N erscheint infolge dieser Abbiegung das Sonnwendgebirge um etwa 10 bis 11 *km* weiter gegen N vorgedrängt.

Diese Vordrängung ist aber nicht an einer nordsüdlichen Störung, sondern an einer spitzwinklig von SO gegen NW eingesetzten Verschiebung erfolgt.

Die Bedeutung dieser Bewegungslinie ist erst durch die Neuaufnahme zutage getreten.

Ein Hauptstück dieser Fuge, die einseitig überkippte Kreidemulde des Gütenbergs, ist schon lange bekannt. An diese Mulde

schließt gegen NW dann die Plattenkalk-Kössener Schichtenmulde des Plumsjochs an, welche sich in verkümmerter Form bis über den Gipfel des Kompar hinaus verfolgen läßt.

Die Fortsetzung unserer Fuge gegen SO gibt sich in der Zerlegung des Habichls in Hauptdolomit und Rauhwacken zwischen Tristenau- und Falzthurn-Tal zu erkennen. Die Fortsetzung zeigt im Nordsockel des Zwölferkopfes den Zusammenstoß von Hauptdolomit mit Muschelkalk und an der Fuge den Einschluß von Rauhwacke und Haselgebirge.

Weiter übersetzt unsere Linie den Südteil des Achensees und strebt hier von Häusern zum Schichthals empor. Jenseits zieht die Störung schräg abfallend bis in die Gegend von Münster im Inntal. So läßt sich auf eine Strecke von zirka 20 *km* durch das genaue Zusammenpassen verschiedener Bauelemente die Einheitlichkeit dieser Abgrenzung verfolgen. Das Ende ist aber weder gegen NW noch auch gegen SO zu offenbar.

Nordwestlich vom Kompar verliert sich die Linie in vielfach zerdrücktem Hauptdolomit, südwestlich von Münster liegt sie unter der breiten und dicken Schuttsohle des Inntales begraben.

Für die Ausführung der Abbiegung der Kreidemulde ist diese schräge Störung wahrscheinlich von innerer Bedeutung.

Eine Verbiegung der Kreidemulde mit annähernd vertikaler Achse setzt voraus, daß diese ostwestlich streichende Mulde schon eine ältere Verbiegung mit horizontaler Achse war.

Eine Verbiegung mit vertikaler Achse ist desto leichter ausführbar, je schmäler der nochmals zu verbiegende Schichtstreifen ist.

Die Kössener-Jura-Kreide-Gesteine unserer Mulde sind infolge ihrer guten Schichtung und ihrer vorherrschenden Weichheit hervorragend geeignet, Verbiegungen ohne viel Zertrümmerungen auszuhalten.

Die Einbettung unserer Mulde besteht aber aus Plattenkalken und Hauptdolomit. Die Plattenkalke zeigen noch eine ziemliche Biegefähigkeit, wogegen der Hauptdolomit Beanspruchungen auf Verbiegungen meist mit Zerbrechungen und Zermalmungen zu beantworten pflegt. Aus diesen großen Materialunterschieden ist leicht erklärlich, daß die schöne Kreidemulde und ihre Abbeugung in den begleitenden breiten Hauptdolomitgebieten weder im S, noch im N eine ähnlich folgsame Nachbildung findet. Betrachtet man die Abbeugung der Kreidemulde näher, so fällt uns auf, daß das südliche Biegeknie weit regelmäßiger ausgebildet ist als das nördliche, welches an Schubflächen völlig zerschert und so wesentlich verbreitert erscheint.

Der Unterschied in der Ausbildung der beiden Gelenke ist ein außerordentlich großer und die Frage nach dem Grunde dieser Verschiedenheit wohl naheliegend.

In der Ausbildung des Südgelenkes spielen faltende Bewegungen die Hauptrolle, während in jener des Nordgelenkes diese Rolle unbedingt den Überschiebungen zufällt.

Wenn wir wieder Fig. 1 zur Hand nehmen, so können wir die Beobachtung machen, daß die Regelmäßigkeit des Südgelenkes ungefähr so weit nach N reicht, als der Vorstoß der gewaltigen Unnutz-Guffert-Masse noch nicht unmittelbar darauf wirksam

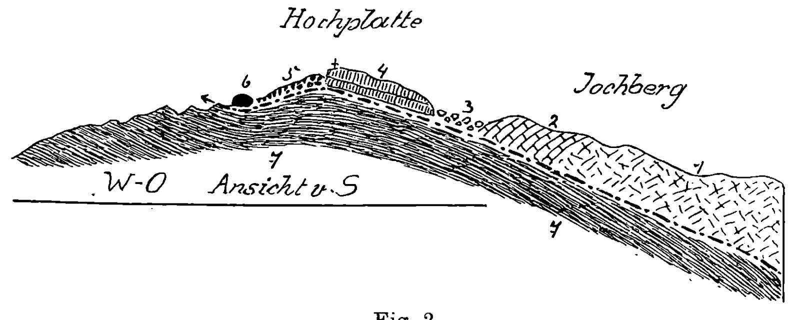


Fig. 2

1 = schlecht geschichteter Hauptdolomit
2 = gut geschichteter Hauptdolomit
3 = Blockwerk von Rätkalken
4 = dickbankige Rätkalke
5 = rote Oberjura-Hornsteinkalke
6 = glattwandiger Schubblock aus 4
7 = dünngewalzte Aptychenkalke

wird. Dieser Vorstoß der riesigen Masse von Wettersteinkalk-Dolomit war von O gegen W gerichtet. Diese Masse gehört zum Sockelbau des Sonnwendgebirges, hebt sich, unter diesem nordwärts allgemach ansteigend, heraus, eine Art von einseitigem Gewölbe bildend. Dieser Gewölbebau ist in zwei Richtungen unregelmäßig. Erstens treffen wir eine Aufschiebung des Wettersteinkalkes an der Nordseite des Guffertkammes unmittelbar auf Hauptdolomit und zweitens am Abfall der Unnutze gegen das Tal von Achenkirchen eine gegen W schauende Überschiebungsstirne.

Diese Stirne bringt den Vorstoß der Wettersteinkalkmasse gegen W sehr anschaulich zum Ausdruck. Der Vorstoß ist so wirkungsvoll, daß die ältere Trias samt einem überkippten Streifen von Raibler Schichten und Hauptdolomit unvermittelt auf flach lagernde Neokommergel vorgetrieben erscheint.

Diese Aufschiebung des Hauptdolomits auf das unterjochte Neokom endet aber nicht in der Talfurche von Achenkirchen, sondern übersetzt dieselbe und reicht am Kamm von Jochberg—Hochplatte noch volle 4 *km* weit gegen W.

Dieser Befund ist sehr merkwürdig, wenn man das Profil des Kammes von Jochberg—Hochplatte mit dem südlich parallel benachbarten Schnitt vergleicht, welcher über Riederberg—Kristlum—Schröckenspitze gegen das Bächental zieht. Aus diesen Profilen geht hervor, daß die ganze Dolomitmasse des Jochberges und wahrscheinlich auch ein größerer Teil des Rieder-

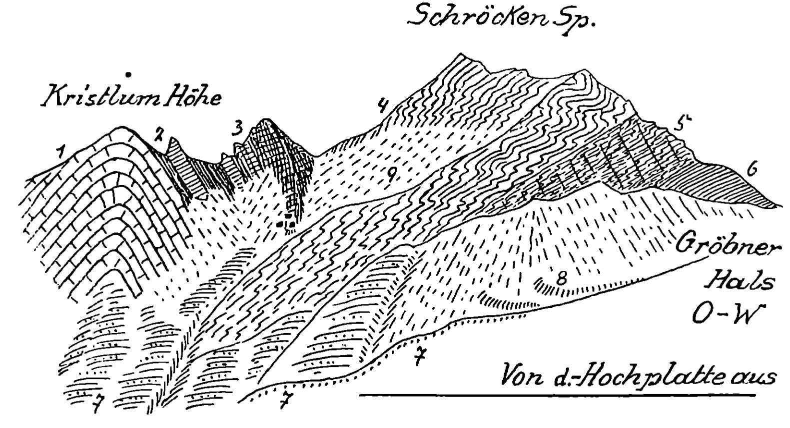


Fig. 3

1 = Plattenkalk und Hauptdolomit
2 = Kössener Schichten mit Rätkalken
3 = rote Liaskalke und Hornsteinkalke
4 = dickerschichtige Oberjurakalke
5 = feinschichtige Aptychenkalke
6 = Neokommergel
7 = Moränen der Schlußvereisung
8 = oberste Moränenwälle
9 = Schutthalden

berges als Schubmasse mit glatter Fahrbahn auf flach gelagertem Neokom ruht.

Anderseits ist aber die Scholle des Riederberges noch durch steilgestellte Plattenkalke, Kössener Schichten, Liasschichten, Hornsteinkalke mit dem Oberjurazug der Schröckenspitze stratigraphisch richtig verbunden — Fig. 2. Am gegenüberliegenden Kamm der Hochplatte ist aber diese Schichtfolge bereits abgeschert und entwurzelt — Fig. 3.

Bedient man sich wieder der Darstellung von Fig. 1, so ist leicht zu erkennen, daß die südliche Gelenkbildung keinerlei

regelrechte Verbindung mit der nördlichen Fortsetzung der großen Kreidemulde mehr besitzt.

Um diese Anordnung zu begreifen, ist es nützlich, für die Beurteilung die Abweichungen von einer einfachen Umbiegungsformel aufzusuchen.

Hier ergeben sich etwa folgende Einzelheiten. Die Muldenbreite ist westlich von der großen Umbiegung erheblich größer als östlich von derselben.

Das kann aber auch schon eine Eigenheit der alten Muldenform gewesen sein. Es ist aber auch möglich, daß östlich von der Umbiegung durch den mächtigen Schub der Unnutz-Guffert-Masse eine stärkere Zusammenpressung unserer Mulde zustande kam.

Eine weitere scharfe Abweichung von jeder normalen Biegeform stellt dann das Eingreifen von ganz flachen Überschiebungen vor.

Diese Überschiebungen beginnen am Gröbner Hals und lassen sich von dort zunächst bis ins Tal von Achenkirchen gegen O, dann entlang vom Gehänge der Unnutze gegen N, weiter in den Einschnitt des Steinberger Tales gegen O und um den Guffert herum gegen N zu geschlossen bis zur Natterwand verfolgen.

Entlang dieser fünfmal geknickten Grenzlinie taucht überall das Neokom ostwärts unter den vorgeschobenen Hauptdolomit hinab.

Auf dieser Strecke bewahrt das Neokom eine auffallend flache Lagerung. Wenn es sich um einen Muldenkern handelt, so kann es nur eine ganz überkippte Mulde sein, welche von O her überkippt und überschoben wurde.

Eine weitere Unregelmäßigkeit stellt dann das unvermittelt nahe Herandrängen der großen Unnutz-Guffert-Masse vor. An dem Steilabfall der Unnutze gegen Achenkirchen bildet der Wettersteinkalk mit Raibler Schichten eine Schubstirne, die mit einem schmalen Saum von Hauptdolomit auf den flach darunter einfallenden Neokommergeln ruht.

Diese Überwältigung des Neokoms durch die Unnutz-Guffert-Masse legt den Gedanken nahe, daß ein jüngerer Vorschub dieser Masse die Hauptursache der hier vorliegenden Störungen sein dürfte.

Die Umrandung der Unnutz-Guffert-Masse spricht ebenfalls für eine Verschiebung derselben im Streichen. Die Aufwölbung des Wettersteinkalks sollte von einem geschlossenen Band von Raibler Schichten gegen den anschließenden Hauptdolomit begrenzt sein.

Dieses Band von Raibler Schichten ist nur entlang der Weststirne des Wettersteinkalkes ungestört erhalten, dagegen erscheint dasselbe sowohl an der Süd- als auch an der Nordseite zum größten Teil verschliffen oder ganz entfernt. Die einfachste Erklärung ist hier die Annahme, daß die relativ weichen Sandstein-Mergel-Rauhwacken der Raibler Schichten zwischen den viel härteren Riesenmassen von Wettersteinkalk und Hauptdolomit als Schmiermittel verrieben und herausgepreßt wurden.

Während also an der Nord- und Südfront bei einer Bewegung von O gegen W diese Zerreibungen stattfanden, war die Stirne der Schubmasse davon befreit und relativ geschont.

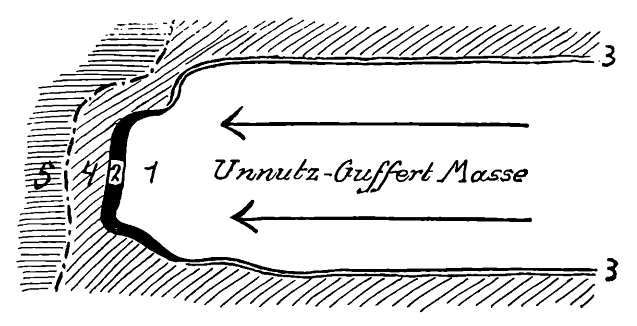


Fig. 4

1 = Wettersteinkalk-Dolomit
2 = gut erhaltene Raibler Schichten
3 = ausgequetschte Raibler Schichten
4 = Hauptdolomit
5 = Neokommergel

Durch den Schub der Unnutz-Guffert-Masse wurden die schubparallelen Raibler Schichten zerrieben und die Stirnteile geschont.

So bietet uns die verschiedenwertige Bearbeitung der Raibler Schichten in der Umrandung des Wettersteinkalkes ein gut brauchbares Richtungszeichen für seine Verschiebung, wie Fig. 4 schematisch andeutet.

Durch den von O gegen W gerichteten Vorstoß der Unnutz-Guffert-Masse ist eine Überwältigung des Neokoms auf eine Breite von zirka 6 *km* herbeigeführt worden.

Was wir heute als Grenze zwischen der aufgeschobenen Trias und der überschobenen Kreide hier wahrnehmen, ist zunächst ein klarer Rückwitterungsrand.

Dies wird auch durch allseitig freigenagte Deckschollen bewiesen. Die größte dieser Deckschollen, jene des Jochbergs, wurde schon erwähnt. Wesentlich kleiner ist jene der Hochplatte

und noch kleiner jene des Mahmooskopfes. Durch die zwei Deckschollen von Jochberg und Hochplatte ist eine Überdeckung des Neokoms + Aptychenkalks im Ausmaße von mehr als 4 *km* sichergestellt.

Um das volle Maß der O→W-Überschiebung festzustellen, fehlt uns leider die wichtige Angabe, wieweit etwa die Unnutz-Guffert-Masse noch Kreide und Jura überlagert. Eine Überlagerung des Neokoms scheint nach den Aufschlüssen im Ampelsbachgraben auf zirka 3 *km* wohl begründet. Wahrscheinlich ist aber dieser Betrag noch zu gering.

Wir haben die Aufschiebung von Trias auf Kreide in der Richtung S→N auf zirka 6 *km* bemessen. Nimmt man dazu den weiteren Nachweis einer Aufschiebung in der Richtung O→W zu 7 *km*, so steht man vor einer Schubfläche von 42 km^2, von der allerdings schon ein großer Teil der Abtragung zum Opfer gefallen ist.

Eine Schubfläche von 42 km^2 ist schon größer als das ganze Sonnwendgebirge, das man bequem auf dieser Fläche unterbringen könnte.

Es ist nun aber zu fragen, ob die so konstruierte Schubfläche auch in Wirklichkeit einer und derselben Schubbewegung entspricht. Wir haben gesehen, daß die Überschiebung unter der Stirne der Unnutz-Guffert-Masse einem von O gegen W gerichteten Schub gehorcht.

Etwas anderes ist es mit der Überschiebung der Deckscholle von Jochberg—Hochplatte.

Diese Schollen liegen 4 *km* weit in ostwestlicher Richtung auf Aptychenkalken und auf Neokom.

Es kann sich hier aber doch nicht um einen so bedeutenden Vorschub von O gegen W handeln, da die Stirne der Hochplatte im Streichen ziemlich genau der Stirne der Riederbergscholle auf der Kristlumhöhe entspricht.

Hier kommt also ein Schub von O gegen W nur in Betracht, wenn auch die Masse des Riederberges und das Südgelenk der Kreidemulde in gleichem Sinne mitverschoben wurde.

Das letztere erscheint jedoch nicht wahrscheinlich, da sich sowohl am Gröbner Hals als auch noch weiter nördlich am Marbichler Joch deutliche Anzeichen von Überschiebungen aus der Richtung S gegen N erhalten haben.

So gelangen wir zur Einsicht, daß die große Überschiebungsfläche offenbar nicht in einheitlichem Sinne überfahren wurde.

Das heißt in anderen Worten, daß die beiden Überschiebungsrichtungen nicht gleichzeitig belebt waren.

In diesem Falle hätten wir wohl die Schubrichtung von S gegen N für die ältere und jene von O gegen W für die jüngere Bewegung zu halten. Es ist also wahrscheinlich, daß hier überhaupt gar keine einheitliche Umbiegung der Kreidemulde vollzogen wurde.

Vielmehr besteht sie aus mindestens zwei getrennten tektonischen Vorgängen.

Es ist wahrscheinlich, daß ursprünglich eine ziemlich gerade tiefe Einmuldung von mehr als 70 *km* Länge vorlag.

Diese Einmuldung wurde später in eine Bewegung von O→W eingespannt, wobei der östliche Abschnitt gegenüber dem westlichen zunächst entlang von einer spitzwinkelig eingreifenden steilstehenden Schubbahn kräftig verschoben wurde. Durch diese Verschiebung bildete sich das südliche Knie der großen Beugestelle heraus.

Dieser Teil der Beugung ist auch heute noch als ein deutliches Gelenk erhalten. Daß damals ein dem Südknie ähnliches Nordknie vorhanden war, ist wahrscheinlich, aber nicht mehr beweisbar. Jedenfalls gewann aber in der Folgezeit die Schubspannung neuerdings an Gewalt und rief, südlich von der ersten Umbeugung anschließend, aber weiter ostwärts, eine zweite ins Leben. Diesmal erfolgte der Anschub wieder von O gegen W, vielleicht auch von SSO gegen NNW.

Er fand seinen klarsten Ausdruck in dem Vorschub der gewaltigen Wettersteinkalkmassen der Unnutz-Guffert-Scholle und der zugehörigen Überschiebung der Kreidemulde.

Der Umstand, daß die schweren Triasmassen unmittelbar auf flach gelagerten Neokommergeln ruhen, ist wohl so zu deuten, daß hier die Kreidemulde zuerst überkippt und dann überschoben wurde. So konnten dann die weichen Kernschichten gleichsam flachgebügelt und geglättet werden.

Der Unterschied der beiden benachbarten Abbeugungen der Kreidemulde liegt vor allem in ihrer verschiedenen Ausführung und wahrscheinlich auch in der getrennten Zeitlichkeit.

Die südliche Abbiegung ist in faltender Bewegung geschaffen, die nördliche dagegen als glatte Überschiebung.

Nachdem die Überschiebung aber auch noch den Nordteil des Südknies betroffen hat, ist es naheliegend, daß dieses älter als das Nordknie ist.

Wir gehen nun zur Frage über, ob das eng benachbarte Sonnwendgebirge von diesen Verschiebungen auch in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Wie wir wissen, beruht ein Teil der Sonderstellung dieses Gebirges in einer auffallenden Querstellung seiner Faltenachsen.

Diese Querstellung legt nun den Gedanken nahe, daß dieselbe in enger Verbindung mit der Bildung des Südknies der großen Kreidemulde steht.

Die Entfernung zwischen dem NW-Eck des Sonnwendgebirges und dem Südknie der Kreidemulde beträgt im Kartenabstand nur zirka 5 *km* und wird durch eine Zone von Hauptdolomit ausgefüllt, in welche die tiefe Furche des Achensees eingeschnitten liegt. Durch diesen See wird aber nur ein Streifen von etwa 1 *km* Breite verhüllt. Wenn man den Querschnitt zwischen Sonnwendgebirge und Kreideknie — Fig. 5 — betrachtet, so erkennt man, wie der Hauptdolomit in diesem Zwischenraum eigentlich nur ein weitgespanntes, einseitiges Gewölbe bildet. Legt man ihm

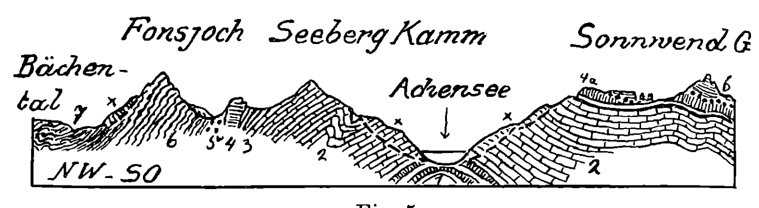


Fig. 5

1 = Raibler Schichten
2 = Hauptdolomit + Plattenkalk
3 = Kössener Schichten
4 = Rätkalk
4*a* = Riffkalk des Sonnwendgebirges und Radiolarienschichten
5 = Liaskalk
6 = Oberjurakalke, Aptychenkalke
7 = Neokommergel
x = Gleitschollen

Querschnitt vom Sonnwendgebirge zur Kreidemulde des Karwendelgebirges. 1 : 112 500

die gewöhnliche Mächtigkeit von etwa 1 *km* zugrunde, so wird klar, daß man hier damit die Vorzeichnung des Profils nicht erfüllen kann.

Für den Abfall des Sonnwendgebirges zum Achensee reicht eine Mächtigkeit von 1000 *m* Hauptdolomit aus, dagegen nicht für den Anstieg zur Kreidemulde. Nun findet sich hier an der Ostseite von Seeberg-Seekarspitze eine steile, schräg eingeklemmte Falte vor. Diese Falte könnte im besten Falle bei voller Entfaltung eine Verdreifachung der Mächtigkeit des Hauptdolomits ergeben. Damit wäre vielleicht das Auskommen zu finden.

Es ist aber noch eine weitere Möglichkeit in Betracht zu ziehen. Wenn man von Pertisau am Seeufer gegen die Gaisalpe wandert, so trifft man zwischen Breitgries- und Breitlahn-Graben auf eine Strecke von zirka 1 *km* Lagen von feinschichtigem Dolomit, zwischen denen nicht selten rauhe Kerne von kleinen Megalodonten auswittern.

Es ist nun möglich, daß hier bereits Hangendteile der Raibler Schichten zum Vorschein kommen und daher die Tiefe des Achensees bereits in diese Schichten eingeschnitten ist.

Damit wäre auch eine Erklärung für das Eingreifen der großen Gleitungen an der Ostseite der Seebergspitze und im Bereiche der Kotalpen durch ein Nachgeben der weicheren Raibler Schichten gefunden.

Die Querstellung der Faltenelemente des Sonnwendgebirges ist im wesentlichen auf den Gipfelbau dieses Gebirges beschränkt oder läßt sich hier weit genauer verfolgen als in dem einförmigen Sockel aus Plattenkalk und Hauptdolomit.

Die Grenze zwischen dem hochbewegten Oberteil und dem schwerfälligen Unterteil wird von sehr gleitfähigen Kössener Schichten gezogen. Die Querfaltung im Sonnwendgebirge kann nun entweder von Anfang an eine abweichende, rein lokale Bildung gewesen sein oder dieselbe war ebenfalls als ostwestlich streichende Faltung angelegt, die erst viel später in die nordsüdliche Richtung hineingedreht wurde.

Eine solche Hineindrehung könnte im Anschluß an die benachbarte Umbeugung der Kreidemulde zustande gekommen sein. Damit wäre dann der Einzelfall des Sonnwendgebirges mit den Wirkungen der weitverbreiteten O—W-Bewegungen in Verbindung gebracht.

Wenn wir einen typischen Querschnitt durch die Falten des Sonnwendgebirges nach E. Spengler näher in Betrachtung ziehen, so können wir unschwer eine untere heftige Verfaltung, welche älter als die Einlagerung der Hornsteinbreccie und eine schwache, weitwellige Faltung, die jünger als diese ist, erkennen. Zwischen die untere Verfaltung und die Oberjurakalke ist die Hornsteinbreccie eingeschaltet, deren sedimentäre Natur heute sichergestellt ist. Ihrer Ablagerung muß eine ziemlich tiefgreifende Erosion vorausgegangen sein, so daß die Auflagerung der Hornsteinbreccie deutlich transgressiv erfolgte.

Nach der Eindeckung der Hornsteinbreccie mit den Oberjurakalken wurde das ganze Schicht- und Faltensystem zu neuen flachen, weitgespannten Falten verbogen und von lotrechten Verwerfungen zerstückelt. Auch damit waren die Baubewegungen noch nicht abgeschlossen, denn es griffen erst die Bergzerreißungen ein, welche von dem durch eine lange Erosion freigenagten Gebirge nach allen Seiten Gleitmassen gegen die angrenzenden Talfurchen zur Ablösung brachten.

Wir kehren nun zur Untersuchung der unteren Faltenzone zurück, deren Auflösung wir in erster Linie F. Wähner und

E. Spengler verdanken. Diese Auflösung hat sich aber vor allem auf die Einzelformen und nicht auf den Zusammenhang der formschaffenden Bewegungen bezogen.

Von diesem Standpunkte aus lassen sich etwa folgende Einsichten gewinnen.

Wenn man das Sonnwendgebirge von O gegen W durchwandert, so macht man die Erfahrung, daß die Rollfalten an der Ostseite bei weitem am besten ausgebildet sind. Es gilt dies nicht nur für ihre Formung, ihre Größe, sondern auch für die Zahl der Aufeinanderladungen. Am deutlichsten spricht sich diese bessere Ausbildung und dieser stärkere Schwung in der Ausschlagsweite der einzelnen Falten aus.

So weit ausholende Falten, wie sie z. B. jene der Rofanspitze zeigen, fehlen der Westseite unseres Gebirges völlig. Hier gibt es nur weit kürzer geschwungene oder gar aufrecht stehende, wie z. B. jene an der Westseite der Hochiss.

Diese letztere hier ausgezeichnet erschlossene Faltung zeigt sogar ein Zurückschlagen des Kopfteiles, wie es z. B. beim Anprallen einer Wasserwoge an einem festen Widerstand auftritt.

Wenn es sich auch um eine steinerne Faltform handelt, so ist der Vergleich mit einer zurückgeworfenen Wasserwelle doch unmittelbar verständlich.

Freilich muß man dem hier vorliegenden, heute harten Steinmaterial ein hohes Maß von innerer Beweglichkeit zumessen, wenn dieser Vergleich seine Richtigkeit behalten soll.

Dieser Materialzustand ist bei der hier nur geringen Belastung wohl nur bei wässeriger Durchfeuchtung möglich. Dies würde aber weiter verlangen. daß die noch teigweichen, eben aus dem Meer erhobenen Schichten gleich entsprechend schief gestellt wurden, so daß sie alsbald ins Gleiten kamen. Erst nach dem Einrücken in ihre Ruhestellungen scheinen die Schichten ausgetrocknet und erhärtet zu sein.

Es ist nun interessant, den Vorgang einer solchen Gleitung noch etwas genauer zu verfolgen.

Es ist klar, daß weiche Schichten ganz ungeeignet sind, einen starken Schub in freiem Faltenwurf weiterzuleiten. Es würde in diesem Falle zu einer „Klumpenbildung“ kommen.

Nun fehlt aber im Sonnwendgebirge jede Andeutung von normaler, steilstehender Faltung. Wir haben fast ausschließlich liegende Falten mit oft schön erhaltenen Bugstirnen vor uns, von denen sich in dem großen Werk von Wähner-Spengler ausgezeichnete Lichtbilder befinden.

Merkwürdigerweise sind nun diese Liegfalten mehrfach aufeinandergelegt und bilden so gleichsam Faltenhaufen.

Zwischen diesen Faltenhaufen besteht aber nur eine schwache, lose Verbindung. Man erhält so den Eindruck, daß diese Faltenhaufen gegeneinander ein hohes Maß von gegenseitiger Unabhängigkeit besitzen.

Diese Unabhängigkeit der Faltenhaufen tritt bei seitlicher Beleuchtung überzeugend klar hervor, wie Fig. 6 beweisen soll, die eine Ansicht vom Scheitel des Kotalmjoches in Umrissen wiedergibt. Jedenfalls sind diese Faltenhaufen nur schwach mit-

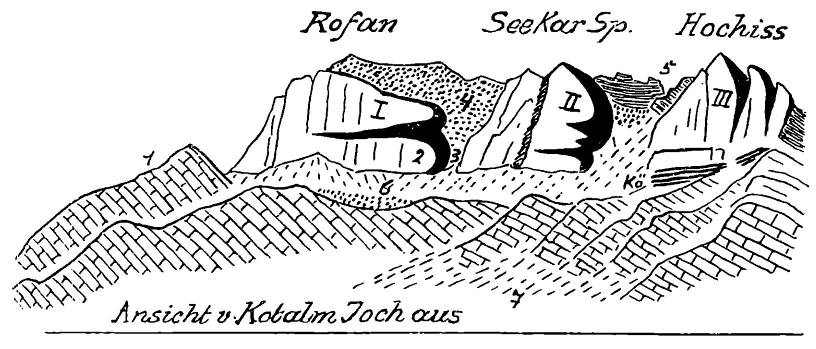


Fig. 6

1 = Plattonkalk und Hauptdolomit
Kö = Kössener Schichten
2 = weißer Riffkalk
3 = rote Liaskalke und Radiolarienschichten
4 = Hornsteinbreccien
5 = Oberjurakalke
6 = Moränenwälle der Schlußvereisung
7 = Schutthalden

Schrägansicht auf 3 (I-II-III)

Faltenhaufen des Sonnwendgebirges, die baulich ganz voneinander unabhängig sind.

einander verbunden, und diese Verbindungen wären besonders in erweichtem Zustande nie imstande, einen starken Schub von einer solchen Faltenburg auf die nächste zu übertragen.

Ein weiteres schönes Zeichen der inneren Unabhängigkeit unserer Faltenhaufen besteht dann darin, daß in jedem einzelnen derselben von unten nach oben die Größe der aufgeladenen Faltelemente stark abnimmt. Dies ist vorbildlich klar in den Liegfalten des Sonnwendjoches—Haiderjoches und der Hochiss, Fig. 7, ausgesprochen. Hier kann dieses Symbol des jeweils ganz selbständigen Aufbaues wohl nicht übersehen werden.

Wie kann nun eine solche hohe Unabhängigkeit zwischen so benachbarten Faltenhaufen zustande gekommen sein?

Man muß auf den Zustand des Gebirges vor und während der Gleitung zurückschauen, um die Möglichkeit einer Ausbildung solcher Unabhängigkeiten zu begreifen.

Wir legen also die Annahme zugrunde, daß sich aus dem Jurameer eine noch weiche Sedimentfolge zu einem schrägen Abhang herauswölbte.

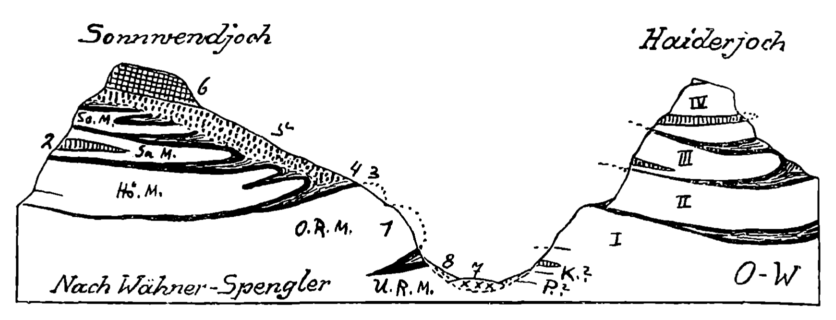


Fig. 7

1 = Riffkalk
2 = eingeschaltete oberrätische Mergelkalke
3 = rote Liaskalke
4 = Radiolarienschichten
5 = Hornsteinbreccien
6 = Oberjurakalke
K = Kössener Schichten
P = Plattenkalke
7 = Moränen
8 = Hangschutt

So. M. = Masse des Sonnwendjoches
Sa. M. = Masse des Sagzahns
Hö. M. = Masse der Hörndlschneid
O. R. M. = obere } Rofanmasse
U. R. M. = untere } Rofanmasse
I—IV = Rollfalten des Haiderjochs

Muster von gegeneinander unabhängigen Anhäufungen von Liegfalten

Von diesem Abhange sollen sich nun die obersten Sedimente, hier Kössener Schichten, Riffkalke, Liaskalke, Radiolariengesteine, in gleitende Bewegung setzen. Diese Gleitung kann nun entweder als Ganzes oder in einzelnen Streifen erfolgen.

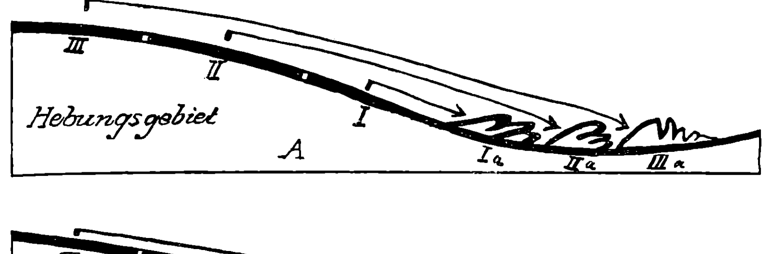
Wird die Gleitung als Ganzes ausgeführt, so ist es wohl kaum möglich, daß sich einzelne Faltenhaufen, wie die oben beschriebenen, herausbilden.

Vielmehr wird eine Reihe von Faltungen entstehen, wobei jede einzelne Falte die vor ihr laufende schiebt und von der hinter ihr kommenden bedrängt wird.

In einer solchen Reihenfolge erscheint eine Gliederung in einzelne selbständige Faltenhaufen sehr unwahrscheinlich.

Machen wir aber die Annahme, daß die Sedimentplatte nicht auf einmal, sondern in mehreren Rucken und getrennt in einzelnen Streifen zur Abgleitung gelangte, so ist die verlangte relative Selbständigkeit der einzelnen Gleitfaltungen weit leichter erreichbar. Nun gibt es bei diesem Vorgang zwei recht verschiedene Arten der Eingleitung in den neuen Sammelraum.

Es kann einmal die vorderste Gleitscholle die ganze zur Verfügung stehende Gefällsstrecke durcheilen und an der vordersten Stelle zur Ruhe kommen. Dann kann eine zweite Scholle nach-



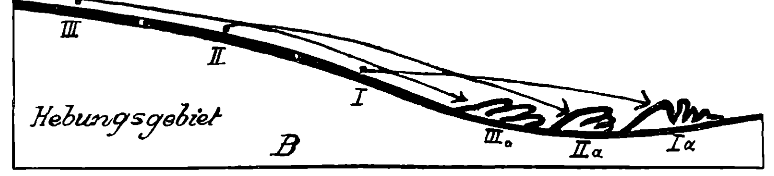


Fig. 8

A. I, II, III = Reihenfolge der Ablösungen der drei Gleitschollen. Ihnen entsprechen die Gleithaufen I*a*, II*a*, III*a*, und zwar der obersten Gleitscholle der äußerste Gleithaufen und der untersten der innerste Gleithaufen.

B. Hier entspricht der obersten Gleitscholle der innerste Gleithaufen und der untersten der äußerste Gleithaufen.

Anordnung *A* erscheint wahrscheinlicher als Anordnung *B*.

gleiten und hinter der ersten stehenbleiben. Dasselbe kann auch noch eine dritte und vierte Scholle ausführen.

Wir hätten also eine Gleitordnung, wie es in Fig. 8 B dargestellt ist, wo die Reihenfolge der Ablösungen mit der Reihenfolge der Gleithaufen übereinstimmt. Hier ist es natürlich leicht, die Selbständigkeit der einzelnen Faltenhaufen zum Ausdruck zu bringen, weil sie ja auch einzelne, zeitlich etwas getrennte Gleitvorgänge bedeuten.

Die Zusammenstoßstellen sind heute als vertikale Störungen noch erkennbar.

Es wäre aber auch denkbar, daß die Reihenfolge der Niederlegung der Faltenhaufen der einzelnen Gleitungen eine ganz andere ist. Es könnte auch die erste Gleitmasse gleich am Ende der Gefällsstrecke zur Ruhe kommen und die zweite Gleitmasse infolge der höheren und bereits geglätteten Fahrbahn die Ruhestellung des ersten Faltenhaufens überfahren. Dasselbe käme dann auch noch für einen dritten oder vierten Faltenhaufen in Betracht.

Wenn wir Fig. 6 in die Hand nehmen, wäre also zuerst der Faltenhaufen der Rofanspitze, dann jener der Seekarspitze und zuletzt jener der Hochiss in die Ruhestellung eingerückt. — Deutung *A*.

Bei dieser Anordnung wäre also der Faltenhaufen der Rofanspitze zweimal und jener der Seekarspitze einmal überfahren worden. Nur die Faltgruppe der Hochiss hätte keine Überfahrung mehr erduldet.

Diese Deutung wäre mit dem Befunde der Abnahme des Faltenausschlages von O gegen W insofern verständlich zu verbinden, als den Falten der Rofanspitze die stärkste Auswalzung und jenen aufrechten Falten der Hochiss keine mehr zugefallen wäre. Insbesondere wäre die aufrechte Faltung der Faltformen der Hochiss von diesem Standpunkte gut begreiflich. Wichtig bleibt, daß mit dieser zweiten Deutung für die mechanische Erklärung außer den Wirkungen der Gleitung auch noch jene von Auswalzung und Verschleppung in großem Stile zu Hilfe gerufen werden können.

Welcher von diesen zwei Deutungen heute der Vorzug zu geben ist, vermag ich derzeit nicht sicher zu entscheiden, weil dazu noch eine Reihe von Beobachtungen fehlen, welche ich auch 1941 noch nicht habe durchführen können. Wahrscheinlicher scheint wohl die Deutung *A* zu sein.

Es ist nun eine weitere Aufgabe, auch noch jene Faltung zu prüfen, welche die untere Faltenzone samt der Auflagerung der Hornsteinbreccie und der Serie der Oberjurakalke gemeinsam ergriffen hat.

Es ist schon betont worden, daß es sich hier in schroffem Gegensatze zu den Anhäufungen von Liegfalten des unteren Stockwerkes um etwa vier große Mulden und Sättel handelt, welche auch heute noch als breite Verbiegungen das ganze Sonnwendgebirge durchziehen.

Während die Faltenhaufen der Gleitung fast ausschließlich aus flach aufeinandergelegten Liegfalten bestehen, wobei sich in jedem Faltenhaufen die Größe der Falten von unten nach oben

stark verkleinert, stellen die jüngeren Faltwellen alle nur breite, flache Verbiegungen von ähnlicher Art und Größe vor.

Wenn man nach den Profilen von E. Spengler aus den vorliegenden Faltformen den Zusammenschub der Liegfalten und jenen der Oberjurakalke berechnet, so erhält man derart verschiedene Werte, daß schon deshalb die beiden Faltungen nicht zusammenpassen. Man hat eher den Eindruck, daß die jüngere Faltung nur auf einem Zusammenrücken der Faltenhaufen beruhe.

Außerdem ist der Verschiebungsbetrag des Unterbaues weit größer als jener des Oberbaues, was auch eine gemeinsame Überschiebung ausschließt.

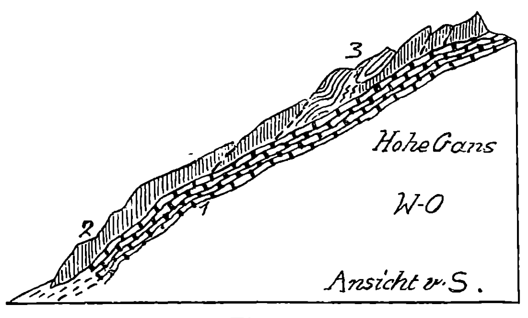


Fig. 9.

1 = dünnschichtige graue Kalke mit schmalen Hornsteinlagen
2 = Hornsteinbreccien — dickbankig
3 = Faltzeichnungen auf den Schichtplatten von 2

Die Erklärung der Falten des Sonnwendgebirges als Ergebnisse der Abgleitung von noch meerfeuchten Sedimenten hat zur notwendigen Begleiterscheinung die Bloßlegung einer ausgedehnten im O anschließenden Aufwölbung.

Von dieser Aufwölbung ist heute nichts mehr zu finden, weil in dieselbe offenbar die tiefen Talfurchen des Brandenberger und Steinberger Tales eingeschnitten sind. Die Eintiefung dieser Täler ist, wie wir wissen, schon wesentlich älter als das Eindringen des Gosaumeeres und seine mächtige und höchst charakteristische Verschüttung.

Es ist naheliegend, daß die von der Decke ihrer Jurasedimente befreite Aufwölbung gleich der Zerstörung durch die Erosion verfallen ist. Die Lieferungen dieser weit ausgreifenden Abtragung sind uns zu einem gewissen Anteil in der Ablagerung der Hornsteinbreccie aufbewahrt. Wahrscheinlich waren einst alle Faltenhaufen der Gleitfaltungen unter diesen Schuttmassen begraben.

Dazu war eine Mächtigkeit von 200 bis 300 *m* nötig. Mit den groben Aufschüttungen waren aber auch fossilführende Meeresablagerungen verbunden. Wie Othmar Kühn zeigen konnte, sind diese Breccien durch eine eigenartige Korallenfauna ausgezeichnet.

Diese Korallen sind in Kalkstücken erhalten, die nicht mehr in Bänken zusammenhängen, sondern als Brocken in der Breccie verteilt liegen.

Kühn ist zu der Anschauung gelangt, daß zunächst ein ziemlich gleichmäßiger Kalk, der Rofan-Korallenkalk, abgelagert wurde, an der Basis mit Wechsellagerung mit Radiolarienschichten und Aufarbeitung älterer Schichten. Dieser Kalk soll dann später zu der Hornsteinbreccie zerschert worden sein. Der Rofan-Korallen-Kalk wäre also sedimentär entstanden und erst die daraus gearbeitete Breccie tektonisch. Ursache der leichten Zertrümmerbarkeit soll die ungleichmäßige Verkieselung dieses Kalkes gewesen sein.

Sander hat die Unhaltbarkeit dieser Deutung der Entstehung der Hornsteinbreccie nachgewiesen. Sucht man die weitere Umgebung des Sonnwendgebirges nach Spuren von Hornsteinbreccien ab, so findet man meines Wissens nur in dem Südknie der großen Kreidemulde ähnliche Einschaltungen in den Jurakalken der Hohen Gans.

Hier sind dickbankige graue Jurakalke vorhanden, welche steil zum Gipfel der Hohen Gans aufstreben. In diese Kalke sind kleinere eckige Brocken von helleren und dunkleren Hornsteinen sowie von roten und grauen Kalkstücken eingebettet. Bei flüchtigem Suchen habe ich keine Spuren von Korallen gefunden.

Sehr merkwürdig ist aber, daß diese dicken Kalkbänke, wie Fig. 9 andeutet, auf den Schichtplatten Spuren von lebhaften Faltzeichnungen erkennen lassen. Wahrscheinlich sind es aber keine gewöhnlichen Falten, sondern nur Anzeichen von Fließbewegungen in den weichen, noch nicht erhärteten Ablagerungen. Sie können schon bei einer geringeren Schrägstellung eingetreten sein.

Es ist nun aber interessant, daß ähnliche Faltzeichnungen auch auf den Schichtplatten der Roten Wand des Fonsjoches zu finden sind. Es ist dies jene weithin sichtbare rote Wand aus Liaskalken, in denen einst die berühmte Fundstätte von Ammoniten des unteren Lias eingeschaltet war.

Für unsere Überlegungen sind solche Anzeichen von Hornsteinbreccien und von deutlichen Fließstellungen von Wert, weil sie mitbeweisen, daß die Unruhe in der Sedimentation der Juraschichten nicht auf das Sonnwendgebirge beschränkt war, wenn es auch dort den großartigsten Ausdruck fand.

Wir sind zu der Ansicht geführt worden, daß die quergestellten Faltungen in diesem Gebirge im Zusammenhang mit der Bildung des Südknies der Kreidemulde stehen.

Während dieses Südknie um zirka 105° aus der normalen ostwestlichen Streichrichtung der Kreidemulde herausgedreht erscheint, beträgt die gleichsinnige Herausdrehung der Faltenachsen im Sonnwendgebirge nur zirka 80°. Es ist aber wahrscheinlich, daß die Vergrößerung der Drehung des Südknies auf den späteren Vorstoß der Unnutz-Guffert-Masse zurückgeht.

In den Gipfelwänden des Sonnwendgebirges lassen sich aus den feingliedrigen Juraschichten, wie wir gesehen haben, viele tektonische Angaben ablesen.

Im Unterbau aus Plattenkalk und Hauptdolomit fehlt es dagegen nicht nur mehr an Aufschlüssen, sondern der spröde Dolomit verweigert auch die genaueren Auskünfte über seine alten Bewegungen. Dazu kommt, daß auch diese wenigen Auskünfte in dem einförmigen Gestein bisher weder sorgfältig gesammelt noch auch verwertet wurden.

Insbesondere müßte man auch den zahlreichen Zertrümmerungszonen in ihren Einzelheiten genauer nachgehen.

Aus dieser Unkenntnis des genaueren Sockelbaues entspringt vielleicht auch der scheinbar so große Unterschied zwischen dem hochbeweglichen Oberbau und dem scheinbar ruhigen Unterbau.

Freilich ist es auch möglich, daß der Oberbau, also die Sedimente von den Kössener Schichten aufwärts, vielfach andere Wege als der schwere Unterbau gegangen ist.

Wenn man den Gedanken festhält, daß die Verbiegung des Südknies der großen Kreidemulde des Karwendelgebirges und die Querstellung der Gipfelfaltungen des Sonnwendgebirges innerlich zusammengehören, so gewinnt man dadurch ein Mittel, die scheinbare Ausnahmsstellung dieses Gebirges wenigstens in bezug auf die Streichrichtung der Faltung zu beseitigen.

Andere Eigenheiten bleiben aber weiter bestehen. Dazu gehört auch der merkwürdige Befund, daß am Schichthals zwischen Sonnwendgebirge und der Aufschiebung des Karwendel-Osteckes der letzte Rest jener Gosauentwicklung begraben liegt, der gleichermaßen durch den Reichtum an Versteinerungen und an eingeschwemmten exotischen Geröllen ausgezeichnet ist.

Trotz sorgfältiger Durchforschung haben sich weder im Karwendel- noch im Wetterstein-Mieminger-Gebirge, noch in dem weiten Bergland der Lechtaler Alpen oder im Rätikon gleichwertige Ablagerungen der Gosaukreide gefunden.